

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-281760

(43)Date of publication of application : 27.10.1995

(51)Int.Cl.

G05D 7/06

G01F 1/34

G01F 25/00

(21)Application number : 06-099333

(71)Applicant : CKD CORP

(22)Date of filing : 12.04.1994

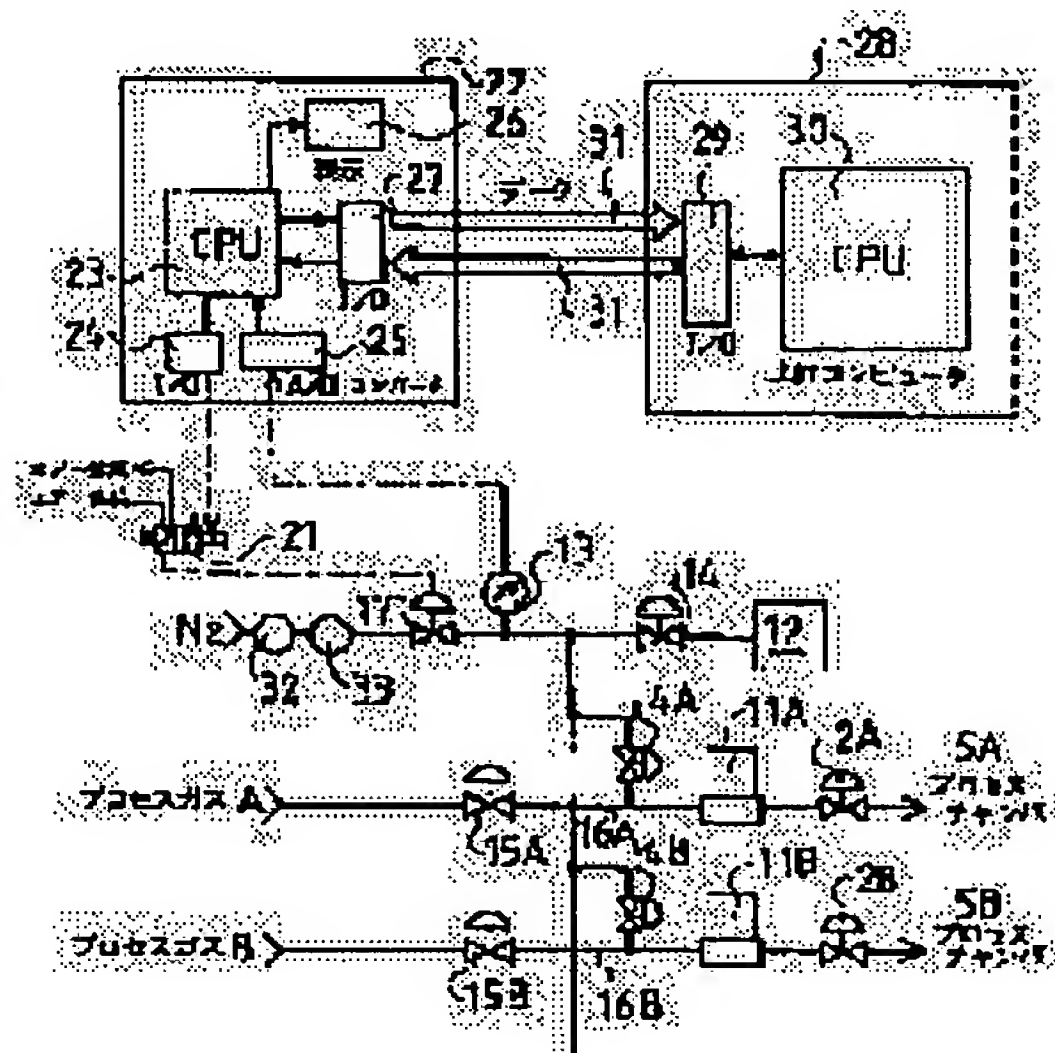
(72)Inventor : HAYASHIMOTO SHIGERU
SUDO YOSHIHISA

(54) ABSOLUTE FLOW RATE INSPECTION SYSTEM FOR MASS FLOW CONTROLLER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the mass flow controller absolute flow rate testing system for easily measuring the absolute flow rate of a mass flow controller integrated into a piping system.

CONSTITUTION: The mass flow controller absolute flow rate testing system is provided with a gas tank 12 for measurement arranged on a mass flow controller inlet pipe 16 between a first opening/closing valve 15 and a mass flow controller 11 so as to store nitrogen gas with prescribed pressure P1, opening/ closing valve 14 for measurement to open/close a duct between the gas tank 12 for measurement and the mass flow controller inlet pipe 16, and pressure sensor 13 for measuring the pressure on the inlet side of the mass flow controller 11. After the supply of process gas to the mass flow controller 11 is cut off by the first opening/closing valve 15, the pressure sensor 13 measures time T required for a prescribed pressure drop while opening the opening/closing valve 14 for measurement, and the absolute flow rate of the mass flow controller is tested by calculating the absolute flow rate from the time T and the volume of the gas tank for measurement.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.01.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2635929

[Date of registration]

25.04.1997

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-281760

(43) 公開日 平成7年(1995)10月27日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 D 7/06		Z		
G 0 1 F 1/34		Z		
25/00		G		

審査請求 有 請求項の数 3 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平6-99333

(22) 出願日 平成6年(1994)4月12日

(71) 出願人 000106760

シーケーディ株式会社

愛知県小牧市大字北外山字早崎3005番地

(72) 発明者 林本 茂

愛知県小牧市大字北外山早崎3005 シーケーディ株式会社内

(72) 発明者 須藤 良久

愛知県小牧市大字北外山早崎3005 シーケーディ株式会社内

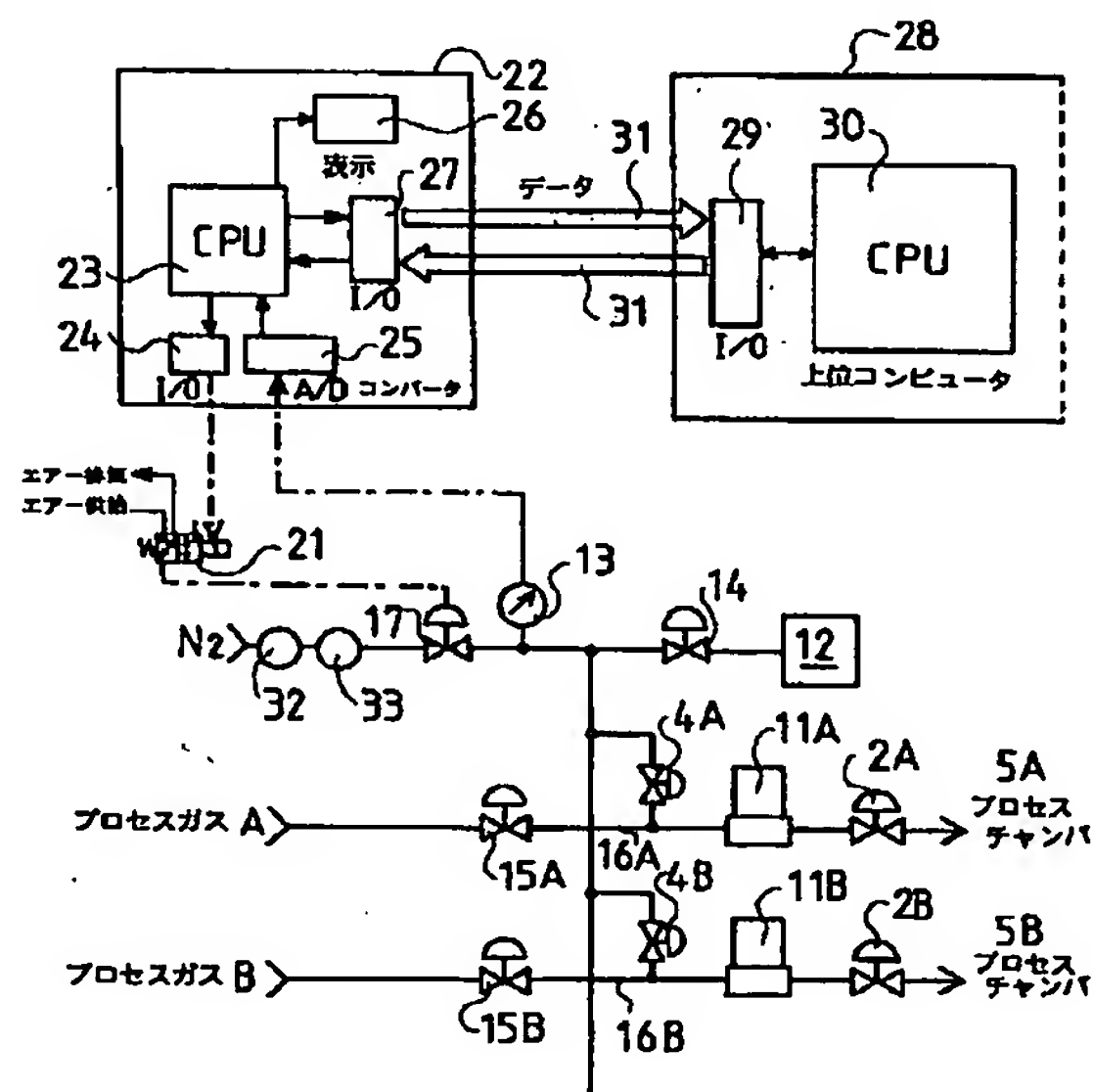
(74) 代理人 弁理士 富澤 孝 (外2名)

(54) 【発明の名称】 マスフローコントローラ絶対流量検定システム

(57) 【要約】

【目的】 配管系に組み込んだ状態でのマスフローコントローラの絶対流量の計測を容易に可能なマスフローコントローラ絶対流量検定システムを提供すること。

【構成】 マスフローコントローラ絶対流量検定システムは、第1開閉弁15とマスフローコントローラ11との間のマスフローコントローラ入口配管16上において、所定圧力P1の窒素ガスを蓄える計測用ガスタンク12と、計測用ガスタンク12とマスフローコントローラ入口配管16との間で管路を開閉する計測用開閉弁14と、マスフローコントローラ11の入口側の圧力を計測する圧力センサ13とを有し、マスフローコントローラ11へのプロセスガスの供給を第1開閉弁15により遮断した後、計測用開閉弁14を開いて、圧力センサ13により所定の圧力降下に要する時間Tを計測し、時間T及び計測用ガスタンクの容積より絶対流量を算出し、マスフローコントローラの絶対流量を検定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プロセスガス源から第 1 開閉弁およびマスフローコントローラを順次経由してプロセスチャンバに該プロセスガスを供給するガス配管系において、前記第 1 開閉弁と前記マスフローコントローラとの間のマスフローコントローラ入口配管上にあつて、所定圧力 P 1 の計測用ガスを蓄える計測用ガスタンクと、前記マスフローコントローラの入口側の圧力を計測する圧力センサとを有し、前記マスフローコントローラへの前記プロセスガスの供給を前記第 1 開閉弁により遮断した後、前記計測用ガスタンク内に蓄えられている計測用ガスを前記マスフローコントローラに流し、前記圧力センサにより所定の圧力降下に要する時間 T を計測し、前記時間 T 及び前記計測用ガスタンクの容積 V より前記マスフローコントローラの絶対流量を検定することを特徴とするマスフローコントローラ絶対流量検定システム。

【請求項 2】 請求項 1 に記載するシステムにおいて、前記計測用ガスタンクと前記マスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する計測用開閉弁を有し、前記マスフローコントローラへの前記プロセスガスの供給を前記第 1 開閉弁により遮断した後、前記マスフローコントローラを所定の開度にして、前記圧力センサにより計測用ガスの圧力 P 1 を計測し、次に、前記計測用開閉弁を閉じ、前記圧力センサの計測する圧力が所定の低圧 P 2 になったときに、前記マスフローコントローラを遮断状態にし、次に、前記計測用開閉弁を開いて、所定時間経過後圧力センサにより圧力 P 3 を計測し、前記圧力 P 1、P 2、P 3 及び計測用タンクの容積 V からマスフローコントローラ入口配管の容積を算出することを特徴とするマスフローコントローラ絶対流量検定システム。

【請求項 3】 請求項 1 に記載するシステムにおいて、前記第 1 開閉弁と前記マスフローコントローラとの間のマスフローコントローラ入口配管上にあつて、所定圧力 P 1 の計測用ガスを蓄える第 1 計測用ガスタンクと、同じく前記マスフローコントローラ入口配管上にあつて、所定圧力 P 2 の計測用ガスを蓄える第 2 計測用ガスタンクと、前記第 1 計測用ガスタンクと前記マスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する第 1 計測用開閉弁と、前記第 2 計測用ガスタンクと前記マスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する第 2 計測用開閉弁とを有し、前記マスフローコントローラへの前記プロセスガスの供給を前記第 1 開閉弁により遮断した後、前記第 1 計測用開閉弁を開いて、前記圧力センサにより所定の圧力降下

に要する時間 T 1 を計測し、

次に、前記第 2 計測用開閉弁を開いて、前記圧力センサにより所定の圧力降下に要する時間 T 2 を計測し、前記時間 T 1、T 2、前記第 1 計測用ガスタンクの容積、及び前記第 2 計測用ガスタンクの容積から前記マスフローコントローラの絶対流量を検定することを特徴とするマスフローコントローラ絶対流量検定システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【産業上の利用分野】本発明は、半導体製造プロセスにおけるガスシステムに使用するマスフローコントローラの流量検定に関し、さらに詳細にはシステム中に組み込んだ状態でのマスフローコントローラが計測する絶対流量の計測精度の検定が可能な絶対流量検定システムに関するものである。

【0002】

20 【従来の技術】半導体製造工程中の成膜装置、乾式エッチング装置等においては、例えばシランやホスフィン等のいわゆる特殊材料ガスや塩素ガス等の腐食性ガスおよび水素ガス等の強燃性ガス等を使用する。これらのガスの使用に当たっては、次に述べる理由によりその流量を極めて厳格に管理しなければならない。

30 【0003】その理由として、ガス流量がプロセスの良否に直接影響することが挙げられる。すなわち、成膜プロセスにおいては膜質が、エッチングプロセスにおいては回路加工の良否が、ガス流量の精度により多大な影響を受けるのである。別の理由として、この種のガスの多くは人体や環境に対する有害性あるいは爆発性等を有することが挙げられる。このため使用後のこれらのガスは、直接大気に排気することは許されず、ガス種に応じた除害手段を備えなければならない。かかる除害手段は通例処理能力が限られていて、許容値以上の流量が流れると有害ガスの環境への流出や除害手段の破損につながる

40 【0004】一方、プロセス機器が要求するこれらのガスの実際の流量は、多くても 500 s c c m 程度と小さいので、従来より配管中に公知のマスフローコントローラを配して、ガス種ごとに最適の流量を流すようにしている。かかるマスフローコントローラは、印加電圧を変更することにより、設定流量を変更してプロセスレシビの変更に対応できるようになっている。

【0005】

50 【発明が解決しようとする課題】この種のガスプロセスにおけるマスフローコントローラは、小流量をコントロールすることを目的とするものであるため内部に細管を有し、該細管の作用により流量のモニター等を行っている。一方マスフローコントローラを流れるガスのうち特

に成膜用材料ガスは、その特性上配管内でも固形物を析出する可能性があり、配管の流量容量を変化させることがある。かかる変化が起こればそのマスフローコントローラにおける印加電圧と実流量との関係は当然変化し、印加電圧の設定に変化がなくても実流量が変化するので、プロセスの安定性を阻害することになる。現実にはこのような変化が起こった場合には、正しいガス流量を流すべく印加電圧の設定を修正しなければならない。このとき、マスフローコントローラの実流量を計測する必要が生ずる。

【0006】また、このようなマスフローコントローラを使用し続けることは、半導体製造上最も嫌うべきパーティクルをプロセス機器に送り込むことになり、好ましくない。したがってこのような場合には、マスフローコントローラを新品に交換しなければならない。ここでマスフローコントローラの実流量と印加電圧との関係は、同一機種であっても個体差を無視できず、交換した新しいマスフローコントローラにおいて実流量を計測する必要がある。

【0007】しかしながら、マスフローコントローラの実流量を計測することは、過去ほとんど行われていない。その理由は、配管系に組み込んだ状態でのマスフローコントローラの実流量の計測が困難なことにある。そこで、実流量を計測するかわりに作業者の勘と経験により暫定的に印加電圧を設定し、プロセスを実行してその良否により暫定値の良否を判断し、これを繰り返して最適設定値を決定しているのである。このため最適値決定までに時間がかかるためプロセス装置の実稼働率が低くなるばかりでなく、その過程で消費する各種ガスやテストウェハ等のコストも軽視し得ない。

【0008】この問題を解決するために本出願人は、特願平4-286986号により、配管系に実際に取り付けたマスフローコントローラの流量検定を行うシステムを提案している。この方法では、マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を遮断した後、バージ用窒素ガスの配管系から窒素ガスを導入し、マスフローコントローラの入口側配管を窒素ガスで満たした後、時間経過に伴う圧力降下を計測することにより、マスフローコントローラの流量検定を行っていた。さらに詳細には、配管系にマスフローコントローラを設置したときに時間経過に伴う圧力降下の初期値を計測、記憶しておき、マスフローコントローラを使用した後、時間経過に伴う圧力降下の値を計測し、その値と初期値との変化を知ることにより、マスフローコントローラの流量検定を行っていた。

【0009】しかしながら、特願平4-286986号で提案したシステムには、次の問題があった。すなわち、流量計測の異常を発見したときに、絶対流量を正確に知りたい場合がある。また、新品のマスフローコントローラを取り付けたときに、絶対流量を正確に計測し、

そのマスフローコントローラの絶対精度を確認しておきたい場合がある。特願平4-286986号のシステムでは、絶対流量を計測することができなかった。そして、絶対流量を計測する必要がある場合は、配管系に絶対流量を計測可能な流量計測器を接続し直して計測し、計測後元に戻っていた。そのため、配管の接続等に時間がかかり、約5時間の余分な時間がかかっていた。さらに、半導体工程では配管の取り外しにより、室内の空気中存在するパーティクル等が配管内に侵入して、配管系を汚染する可能性があり、問題であった。

【0010】本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、配管系に組み込んだ状態でのマスフローコントローラの実流量の計測を可能とすることにより、マスフローコントローラの個体差や経時変化に適切に対応して、正しいガス流量を与える電圧設定値を迅速に知り、もってガスを使用するプロセスの安定運転と高稼働率操業とを可能とするマスフローコントローラ絶対流量検定システムを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明のマスフローコントローラ絶対流量検定システムは、プロセスガス源から第1開閉弁およびマスフローコントローラを順次経由してプロセスチャンバに該プロセスガスを供給するガス配管系において、第1開閉弁とマスフローコントローラとの間のマスフローコントローラ入口配管上において、所定圧力P1の計測用ガスを蓄える計測用ガスタンクと、マスフローコントローラの入口側の圧力を計測する圧力センサとを有し、マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を第一開閉弁により遮断した後、計測用ガスタンク内に蓄えられた計測用ガスをマスフローコントローラに流して、圧力センサにより所定の圧力降下に要する時間Tを計測し、時間T及び計測用ガスタンクの容積Vよりマスフローコントローラの実流量を検定することを特徴とする。

【0012】また、上記システムにおいて、計測用ガスタンクとマスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する計測用開閉弁を有し、マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を前記第一開閉弁により遮断した後、マスフローコントローラを所定の開度にして、圧力センサにより計測用ガスの圧力P1を計測し、次に、圧力センサの計測する圧力が所定の低圧P2になったときに、マスフローコントローラを遮断状態にし、次に、計測用開閉弁を開いて、所定時間経過後圧力センサにより圧力P3を計測し、圧力P1、P2、P3及び計測用タンクの容積Vからマスフローコントローラ入口配管の容積を算出することを特徴とする。また、上記システムにおいて、第1開閉弁とマスフローコントローラとの間のマスフローコントローラ入口配管上において、所定圧力P1の計測用ガスを蓄える第1計測用ガスタンクと、同じくマスフローコントローラ入口配管上にあっ

て、所定圧力P2の計測用ガスを蓄える第2計測用ガスタンクと、第1計測用ガスタンクとマスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する第1計測用開閉弁と、第2計測用ガスタンクとマスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する第2計測用開閉弁とを有し、マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を第一開閉弁により遮断した後、第1計測用開閉弁を開いて、圧力センサにより所定の圧力降下に要する時間T1を計測し、次に、第2計測用開閉弁を開いて、圧力センサにより所定の圧力降下に要する時間T2を計測し、時間T1、T2、第1計測用ガスタンクの容積、及び第2計測用ガスタンクの容積からマスフローコントローラの絶対流量を検定することを特徴とする。

【0013】

【作用】前記構成を有する本発明のマスフローコントローラ絶対流量検定システムでは、配管系にマスフローコントローラを取り付けた時に、マスフローコントローラの絶対流量を計測を行うことができる。絶対流量は、次の3つの方法により、算出することができる。マスフローコントローラの絶対流量の検定は、算出した絶対流量とマスフローコントローラの計測値とを比較することにより行われる。第一の方法では、(1)マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を第一開閉弁により遮断し、(2)計測タンク内の計測ガスをマスフローコントローラに流し、(3)圧力が所定値P1からP2に圧力降下するのに要する時間Tを計測し、(4)時間T及び計測用ガスタンクの容積Vより、気体の状態方程式に基づいて、マスフローコントローラに流れた絶対流量を算出する。

【0014】第二の方法では、(1)マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を第一開閉弁により遮断し、(2)マスフローコントローラを所定の開度にして、前記圧力センサにより計測用ガスの圧力P1を計測し、(3)圧力センサの計測する圧力が所定の低圧P2になったときに、マスフローコントローラを遮断状態にし、(4)計測用開閉弁を開いて、所定時経過後圧力センサにより圧力P3を計測し、(5)圧力P1、P2、P3及び計測用タンクの容積Vからマスフローコントローラ入口配管の容積を算出し、第一の方法の容積として計測用ガスタンクの容積とマスフローコントローラ入口配管の容積との和を用いる。

【0015】第三の方法では、(1)マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を第一開閉弁により遮断し、(2)第1計測用開閉弁を開いて、第1計測タンク内の計測ガスをマスフローコントローラに流し、(3)所定の圧力P1からP3に圧力降下するのに要する時間T1を計測し、(4)第2計測用開閉弁を開いて、第2計測タンク内の計測ガスをマスフローコントローラに流し、(5)所定の圧力P2からP4に圧力降下するのに要する時間T2を計測し、(6)圧力降下P1-P3、

P2-P4、及び計測した時間T1、時間T2、第1計測用ガスタンクの容積、及び第2計測用ガスタンクの容積より、気体の状態方程式に基づいて、マスフローコントローラに流れた絶対流量を算出する。

【0016】

【実施例】以下、本発明のガス実流量検定システムを具体化してガス配管系に組み込んだ一実施例を図面を参照して説明する。図3は本発明にかかるガス実流量検定システムを組み込んだガスシステムのブロック図である。図3においては、2種類のプロセスガス(A、B)がそれぞれマスフローコントローラ(11A、11B)を挟む第1開閉弁(15A、15B)と第2開閉弁(2A、2B)とを通してプロセスチャンバ5A、5Bに供給されるようになっている。一方、マスフローコントローラ11を窒素ガスでバージするための窒素ガス供給ラインが、窒素ガスタンクから、レギュレタ32、フィルタ33、バージ弁17を介して、連結用開閉弁(4A、4B)を経て各ガスラインに合流している。また、バージ弁17と連結用開閉弁4の間の配管には、圧力センサ13が接続している。また、バージ弁17と連結用開閉弁4の間の配管には、計測用開閉弁14を介して計測用ガスタンク12が接続している。ここで、連結用開閉弁4A、4Bを設けているのは、マスフローコントローラ11A、11Bを個別に検定するためである。すなわち、マスフローコントローラ11Aを検定する場合は、連結用開閉弁4Aのみ開とし、他の連結用開閉弁4B等を閉じて使用する。圧力センサ13は、マスフローコントローラ11の入口側の配管における窒素ガスの圧力を計測するものである。プロセスチャンバ5A、5Bは、ドライエッチング、気相成膜、熱酸化等を行うためのものである。

【0017】この計測用ガスタンク12を含む窒素ガスの配管系の構成を簡略化して示すと、図1のようになる。すなわち、バージ弁17とマスフローコントローラ11の間のマスフローコントローラ入口配管16上において、所定圧力P1の窒素ガスを蓄える計測用ガスタンク12が配設されている。また、計測用ガスタンク12とマスフローコントローラ入口配管16との間に計測用開閉弁14が配設されている。また、マスフローコントローラ入口配管16には、マスフローコントローラ11の入口側の圧力を計測する圧力センサ13が配設されている。一方、バージ弁17はパイロット式開閉弁であって、バージ弁17を駆動するためのエアを供給、遮断する電磁弁21が接続されている。

【0018】次に、本システムの制御装置の構成について図2により説明する。流量検定制御装置22は、演算手段であるCPU23、入出力インターフェイスであるI/O24、アナログデータをデジタルデータに変換するためのA/Dコンバータ25、表示装置26、上位コンピュータとのインターフェイスであるI/O27によ

り構成されている。ここで、図2のCPU23には、制御プログラムを記憶しているROM、及び一時的にデータ等を記憶するRAMを含んでいる。圧力センサ13の出力は、A/Dコンバータ25に接続されている。また、電磁弁21は、I/O24に接続している。一方、流量検定制御装置22は、プロセス全体を制御している上位コンピュータ28に接続している。すなわち、I/O27はデータ通信線31を介して、上位コンピュータ28側のインターフェイスであるI/O29に接続している。I/O29は、上位コンピュータ28のCPU30に接続している。

【0019】次に、上記構成を有するマスフローコントローラの絶対流量検定システムの作用を説明する。始めに、通常プロセスの作用を説明する。かかるガスシステムにおいて通常のプロセスレシビを実行する際には、遮断弁(4A, 4B)を閉として、計測用ガスタンク12からの窒素ガスが各ガスラインに流れることがなく、かつ、各プロセスガスが圧力センサ13の方に逆流することのないようにした上で、各マスフローコントローラ11に設定電圧を印加し、必要な第1開閉弁15及び第2開閉弁2を開として、プロセスチャンバ5に各プロセスガスを必要な流量だけ流す。プロセスチャンバ5内には、処理しようとするウェハが収納されており、適宜加熱、プラズマ印加等を行い、プロセスガスの作用と併せて必要な処理が行われる。

【0020】さて、かかるガスシステムにおいて、マスフローコントローラ11Aを新品に交換した場合を考える。一般にマスフローコントローラは内部に細管を有するので、同一形式のものであっても、その印加電圧と実絶対流量との関係の個体差は無視しえず、システムに組み込んだ状態での実際の絶対流量を計測して、必要とする流量に対する印加電圧を設定し直しておくのが、プロセスの良好な操業を図る上で望ましい。また、実レシビを多数回数実行することにより、細管の詰まり等により、マスフローコントローラ11の特性が変化することがあるので、絶対流量の精度が品質に直接与える影響のきわめて大きい半導体製造工程においては、必要に応じてマスフローコントローラ11が計測する絶対流量を検*

$$(dn/dt) = (dP/dt) / (RT) \text{ となる。} \quad (\text{式1})$$

一方、流量Qは、

$$Q = (dn/dt) m \text{ となる。} \quad (\text{式2})$$

ここで、mは気体の分子量である。(式1)及び(式2)より、

$$Q = (dP/dt) mV / (RT) \text{ となる。} \quad (\text{式3})$$

【0023】本実施例では、 $dP = P2 - P1$ 、 $dt = T$ 、mは窒素ガスの分子量、Vは計測用ガスタンク12の容積V1、Rは気体定数、Tは窒素ガスの温度である。本作用における気体の変化では気体の温度はほとんど変化しないので、窒素ガスの温度は、室温20度をそのまま使用している。また、容積Vは正確には、計測用ガスタンク12の容積とマスフローコントローラ入口配

* 定することが必要である。本実施例のガスシステムでは、ガス絶対流量検定システムが組み込まれているので、各マスフローコントローラ(11A, 11B)のガス絶対流量を計測し、マスフローコントローラ11の精度を確認することができる。

【0021】本実施例のガスシステムにおけるガス実流量計測の手順を図4のフローチャートに基づいて説明する。ここでは、マスフローコントローラ11Aの絶対流量を検定する方法について説明する。図1のガスシステムにおいてガス絶対流量を計測するには、まず第1開閉弁15Aを閉とし、マスフローコントローラ11AへのプロセスガスAの供給を遮断し、第2開閉弁2A及びマスフローコントローラ11A、計測用開閉弁14、連結用開閉弁4A、バージ弁17を開いて、マスフローコントローラ11内に残っているプロセスガスAを排出し、マスフローコントローラ11内部を窒素ガスでバージする(S1)。これにより、計測用ガスタンク12内にバージ圧力の窒素ガスが蓄えられる。次に、マスフローコントローラ11Aの流量設定を通常プロセスで使用する予定の所定値とし(S2)、バージ弁17を閉じ、マスフローコントローラ11Aに対して、計測用ガスタンク12内の窒素ガスを流す(S3)。そして、圧力センサ13が計測した圧力は、A/Dコンバータ25によりA/D変換され、CPU23に読み込まれる。また、CPU23は、所定圧力P1を検出した時から時間計測を行い、所定圧力P2を検出するまでに要する時間Tを計測する。

【0022】そして、CPU23が上記圧力降下P1-P2、時間Tにより、気体の状態方程式に基づいて、マスフローコントローラ11Aに流れた窒素ガスの絶対流量を算出する(S5)。次に、その算出方法について説明する。気体の状態方程式 $PV = nRT$ ここで、Pは気体の圧力、Vは気体の容積、nは気体のモル数、Tは気体の温度である。この気体の状態方程式を時間tで微分することにより、 $(dP/dt) = (dn/dt) RT$ となり、これを (dn/dt) について整理すると、

管16の容積とを加えた容積で計算する必要がある。本実施例では、簡便のため、計測用ガスタンク12の容積で計算を行っているが、本実施例の計測用ガスタンク12の容積は、マスフローコントローラ入口配管16の容積の約100倍に設定してあるので、容積による誤差を1%程度に押さえることができる。マスフローコントローラ11は一つづつ、流量計の実測絶対流量により検定

されており、計測値と絶対流量との関係が設計値として表等で示されている。本発明の目的の一つは、実際の配管系にマスフローコントローラ11を組み込んだときに、計測値と絶対流量の関係が変化しないことを確認することである。従って、算出した絶対流量とマスフローコントローラ11Aの設計値とを比較することにより、マスフローコントローラ11Aの検定を行う(S6)。

【0024】以上詳細に説明したように、本実施例のマスフローコントローラ絶対流量検定システムによれば、第1開閉弁15とマスフローコントローラ11との間のマスフローコントローラ入口配管16上において、所定圧力P1の計測用窒素ガスを蓄える計測用ガスタンク12と、計測用ガスタンク12とマスフローコントローラ入口配管16との間で管路を開閉する計測用開閉弁14と、マスフローコントローラ11の入口側の圧力を計測する圧力センサ13とを有し、マスフローコントローラ11へのプロセスガスの供給を第1開閉弁15により遮断した後、計測用開閉弁14を開いて、圧力センサ13により所定の圧力降下に要する時間Tを計測し、時間T及び計測用ガスタンク12の容積Vよりマスフローコントローラ11の絶対流量を検定しているため、マスフローコントローラ11の絶対流量を容易かつ簡便に検定できるため、マスフローコントローラ11を正確に制御して、プロセスガスを必要な分量だけ正確に供給することができる。

【0025】次に、第二の実施例について説明する。第二の実施例の構成は第一の実施例と全く同様なので、説明を省略する。第二の実施例で第一の実施例と異なっているのは、マスフローコントローラ入口配管16の容積*

$$V_X = V_0 (P_1 - P_3) / (P_3 - P_2) \quad (\text{式4})$$

ここで、既知の計測用ガスタンク12の容積をV0とし、マスフローコントローラ入口配管16の容積をVXとしている。

【0028】S16からS19のステップは、第1実施例と同様であり、説明を省略する。(式2)により、マスフローコントローラ入口配管16の容積VXを求めることができ、(式3)において $V = V_0 + V_X$ とすることにより、マスフローコントローラ入口配管16の容積まで含めて、絶対流量を第一実施例より正確に算出することができる。本実施例では、計測用ガスタンク12内を高圧P1、マスフローコントローラ入口配管16内を低圧P2としてから、計測用開閉弁14を開いて、計測用ガスタンク12及びマスフローコントローラ入口配管16内を中圧P3としてマスフローコントローラ入口配管16の容積VXを求めているが、逆に、計測用開閉弁14内を低圧P1、マスフローコントローラ入口配管16内を高圧P2としてから、計測用開閉弁14を開いて、中圧P3としてマスフローコントローラ入口配管16内の容積VXを求めても同様である。

【0029】第二の実施例のマスフローコントローラ絶

*を求めている点であるので、第二の実施例のマスフローコントローラ入口配管16を求める作用を図5を用いて詳細に説明する。ここでも、マスフローコントローラ11Aの絶対流量を検定する方法について説明する。第1開閉弁15を閉じ、バージ弁17、連結用開閉弁4A、計測用開閉弁14、マスフローコントローラ11を開いて、マスフローコントローラ11A内を窒素ガスでバージする(S11)。

【0026】次に、マスフローコントローラ11Aを設定流量状態にし、圧力P1を計測する(S12)。次に、計測用開閉弁14を閉じた後バージ弁17を閉じ、圧力が所定の低圧P2になったときにマスフローコントローラ11Aを閉じ、圧力P2を計測する(S13)。計測用開閉弁14を閉じた後バージ弁17を閉じているのは、バージ弁17を先に閉じると、計測用ガスタンク12内に蓄えられるガス量に誤差が発生するからである。次に、計測用開閉弁14を開き、所定時間経過後圧力P3を計測する(S14)。次に、計測した圧力P1、P2、P3、及び計測用ガスタンク12の容積V0よりマスフローコントローラ入口配管16の容積VXを算出する(S15)。

【0027】次に、その算出方法について説明する。

$PV = nRT$ より、 $n = PV / (RT)$ 。

(計測用ガスタンク12内のモル数) + (マスフローコントローラ入口配管16内のモル数) = (バルブを開にした時の全モル数)だから、 $P_1V_0 / (RT) + P_2V_X / (RT) = P_3(V_0 + V_X) / (RT)$ となり、これを整理すると、 $(P_1 - P_3)V_0 = (P_3 - P_2)V_X$ これをVXについて解くと、

$$V_X = V_0 (P_1 - P_3) / (P_3 - P_2) \quad (\text{式4})$$

絶対流量検定システムによれば、第1開閉弁15Aを遮断した後、マスフローコントローラ11Aを遮断状態にし、マスフローコントローラを所定の開度にして、圧力センサにより計測用ガスの圧力P1を計測し、次に、圧力センサの計測する圧力が所定の低圧P2になったときに、マスフローコントローラを遮断状態にし、次に、計測用開閉弁を開いて、所定時間経過後圧力センサにより圧力P3を計測し、圧力P1、P2、P3及び計測用タンクの容積Vからマスフローコントローラ入口配管の容積を算出し、その容積を用いてマスフローコントローラ絶対流量検定を行っているため、第一の実施例と比較して、マスフローコントローラ入口配管16の容積を求めることができ、絶対流量を正確に算出することができる。そのため、計測用ガスタンク12の容積を大きくしないで済み、システムをコンパクトに構成することができる。

【0030】次に、第三の実施例について説明する。第三の実施例の構成を図2に示す。第三の実施例が第一の実施例と異なるのは、計測用ガスタンク12及び計測用開閉弁14を各々2組備えている点である。すなわち、

第1計測用ガスタンク121が第1計測用開閉弁141を介して、マスフローコントローラ入口配管16に接続し、第2計測用ガスタンク122が第2計測用開閉弁142を介して、マスフローコントローラ入口配管16に接続している。次に、第三の実施例の作用を図6を用いて詳細に説明する。ここでも、マスフローコントローラ11Aの絶対流量を検定する方法について説明する。図1のガスシステムにおいてガス絶対流量を計測するには、まず第1開閉弁15Aを閉とし、マスフローコントローラ11AへのプロセスガスAの供給を遮断し、第2開閉弁2A、マスフローコントローラ11A、第1計測用開閉弁141、第2計測用開閉弁142、連結用開閉弁4A、バージ弁17を開いて、マスフローコントローラ11内に残っているプロセスガスAを排出し、マスフローコントローラ11A内を窒素ガスでバージする(S21)。これにより、第1計測用ガスタンク121、第2計測用ガスタンク122にバージ圧力の窒素ガスを蓄える。

【0031】次に、マスフローコントローラ11Aの流量設定を通常プロセスで使用する予定の所定値とする *20

$$Q = (dP/dt1) m (V1 + Vx) / (RT) \text{ となる。} \quad (\text{式5})$$

$$Q = (dP/dt2) m (V2 + Vx) / (RT) \text{ となる。} \quad (\text{式6})$$

(式5)と(式6)からVxを消去すると、

$$Q = (dP / (dt1 - dt2)) m (V1 - V2) / (RT) \text{ となる。} \quad (\text{式7})$$

(式7)は、タンクの容積の差分だけ圧力降下時間の差になっていると考えて、 $dt = dt2 - dt1$ 、 $V = V2 - V1$ を(式3)に代入した形である。これにより、マスフローコントローラ入口配管16の容積Vxを求めることができるので、マスフローコントローラ入口配管16の容積まで含めて、絶対流量を第一実施例より正確に算出することができる。

【0033】本実施例では、(1)第2計測用開閉弁142を閉じた状態で第1計測用開閉弁141を開けて計測し、(2)次に、第1計測用開閉弁141を閉じた状態で第2計測用開閉弁142を開けて計測を行っているが、(2)の場合に第1計測用開閉弁141を開いた状態のままで第2計測用開閉弁142を開いて計測を行っても良い。流量Qは、2つのタンクの容積の差分だけ圧力降下する時間の差として計測されるので、この方法によれば、同じタンクを使用しても容積差を大きくできるからである。

【0034】第三の実施例のマスフローコントローラ絶対流量検定システムによれば、所定圧力P1の窒素ガスを蓄える第1計測用ガスタンク121と、所定圧力P2の窒素ガスを蓄える第2計測用ガスタンク122と、第1計測用ガスタンク121とマスフローコントローラ入口配管16との間で管路を開閉する第1計測用開閉弁141と、第2計測用ガスタンク122とマスフローコントローラ入口配管16との間で管路を開閉する第2計測

* (S22)。次に、第1計測用開閉弁141を開き、第2計測用開閉弁142を閉じる(S23)。次に、バージ弁17を閉じ、圧力センサ13により圧力がP1からP3に圧力降下する時間T1を測定する(S24)。次に、バージ弁17を開ける(S25)。次に、第1計測用開閉弁141を閉じ、第2計測用開閉弁142を開ける(S26)。次に、バージ弁17を閉じ、圧力センサ13により圧力がP2からP4に圧力降下する時間T2を測定する(S27)。

10 【0032】そして、CPU23が計測した圧力降下時間T1、T2を用いて、気体の状態方程式に基づいて、マスフローコントローラ11Aに流れた窒素ガスの絶対流量を算出する(S28)。そして、算出した絶対流量と設計値とを比較して、マスフローコントローラ11の検定をおこなう(S29)。次に、窒素ガスの絶対流量の算出方法について説明する。(式3)より、第1計測用ガスタンク121の容積をV1、第2計測用ガスタンク122の容積をV2、マスフローコントローラ入口配管16の容積をVxとすれば、

用開閉弁142とを有し、マスフローコントローラ11Aへのプロセスガスの供給を第一開閉弁15Aにより遮断した後、第1計測用開閉弁141を開いて、圧力センサ13により所定の圧力降下に要する時間T1を計測し、次に、第2計測用開閉弁142を開いて、圧力センサ13により所定の圧力降下に要する時間T2を計測し、計測した時間T1、T2、第1計測用ガスタンク121の容積、及び第2計測用ガスタンク122の容積からマスフローコントローラ11Aの絶対流量を検定している。第一の実施例と比較して、マスフローコントローラ入口配管16の容積を求めることができ、絶対流量を正確に算出することができる。また、第二の実施例において、マスフローコントローラ11を完全な遮断状態にするのは困難であるが、第三の実施例では、小型タンクを2つ必要とするだけなので、より正確に絶対流量を計測することができる。

【0035】一方、実レシビの実行を多数回数繰り返すと、マスフローコントローラ11の印加電圧と実流量との関係が変化することがあり、そのことはマスフローコントローラ11に正常電圧を印加しているのにプロセス結果が良好でなくなることによって知られる。プロセス結果が良好でないとは、例えば成膜プロセスの場合、形成された膜の膜厚や膜質(屈折率等)が正常値からはずれたり、それらの均一性が悪くなることをいう。この場合は、マスフローコントローラ11の印加電圧を修正し

て所要流量が得られるようにしなければならない。また、このような正常値からのずれが大きくなったマスフローコントローラ11は、えてしてパーティクルを発生してプロセス歩留まりを悪化させるので、ずれがある限界値を超えた時点でなんらかのアラームが発せられるようにしておくのが好ましい。

【0036】本実施例のガスシステムにおいては実際の配管系における絶対実流量計測手段を備えているので、以上のようにして、マスフローコントローラ11の印加電圧の修正あるいは交換すべきか否かの判断を制度良くかつ効率的に行うことができるため、半導体の歩留まりを向上させることができる。また、消費するプロセスガスやテストウェハのコスト、あるいは試行および結果解析に必要な時間を本実施例のシステムを採用することにより削減できる。

【0037】なお、上記実施例は本発明を限定するものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々の変形、改良が可能であることはもちろんである。また、計測用ガスとしてここでは窒素ガスを使用したか、20 窒素ガスに限らず不活性であってかつクリーンなものが入手可能なガスであれば他のガスでもよい。ただし、半導体工程で使用されるプロセスガスは、高価であり、また毒性を有する場合もあるので、計測用ガスは、本実施例のようにプロセスガスと異なるものを使用すると良い。

【0038】

【発明の効果】以上説明したことから明かなように本発明のマスフローコントローラ絶対流量検定システムによれば、第1開閉弁とマスフローコントローラとの間のマスフローコントローラ入口配管上にあつて、所定圧力P 30 1の計測用ガスを蓄える計測用ガスタンクと、計測用ガスタンクとマスフローコントローラ入口配管との間で管路を開閉する計測用開閉弁と、マスフローコントローラの入口側の圧力P2を計測する圧力センサとを有し、マスフローコントローラへのプロセスガスの供給を第1開閉弁により遮断した後、計測用開閉弁を開いて、圧力セ*

*ンサにより所定の圧力降下に要する時間Tを計測することによりマスフローコントローラの絶対流量を検定しているの、マスフローコントローラの絶対流量を容易かつ簡便に検定できるため、マスフローコントローラを正確に制御して、プロセスガスを必要な分量だけ正確に供給することができる。それにより、半導体製造工程の歩留まりを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施例であるマスフローコントローラ流量検定システムの主要部の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第三の実施例であるマスフローコントローラ流量検定システムの主要部の構成を示すブロック図である。

【図3】第一の実施例のマスフローコントローラ絶対流量検定システムの全体構成を示すブロック図である。

【図4】第一の実施例のマスフローコントローラ絶対流量検定システムの作用を示すフローチャートである。

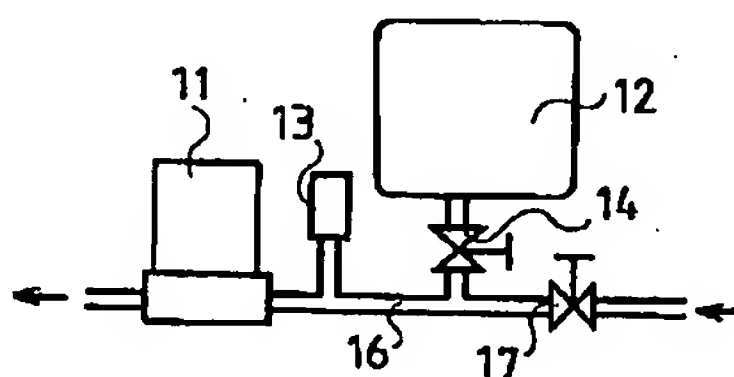
【図5】第二の実施例のマスフローコントローラ絶対流量検定システムの作用を示すフローチャートである。

【図6】第三の実施例のマスフローコントローラ絶対流量検定システムの作用を示すフローチャートである。

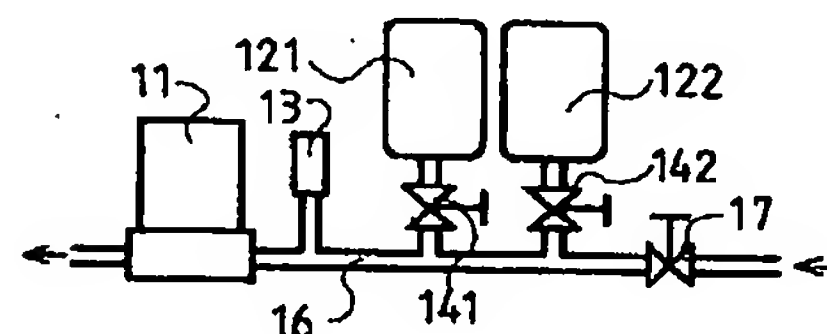
【符号の説明】

- | | |
|-----|-----------------|
| 11 | マスフローコントローラ |
| 12 | 計測用ガスタンク |
| 121 | 第1計測用ガスタンク |
| 122 | 第2計測用ガスタンク |
| 13 | 圧力センサ |
| 14 | 計測用開閉弁 |
| 141 | 第1計測用開閉弁 |
| 142 | 第2計測用開閉弁 |
| 15 | 第1開閉弁 |
| 16 | マスフローコントローラ入口配管 |
| 21 | 電磁弁 |
| 22 | 流量検定制御装置 |
| 23 | CPU23 |

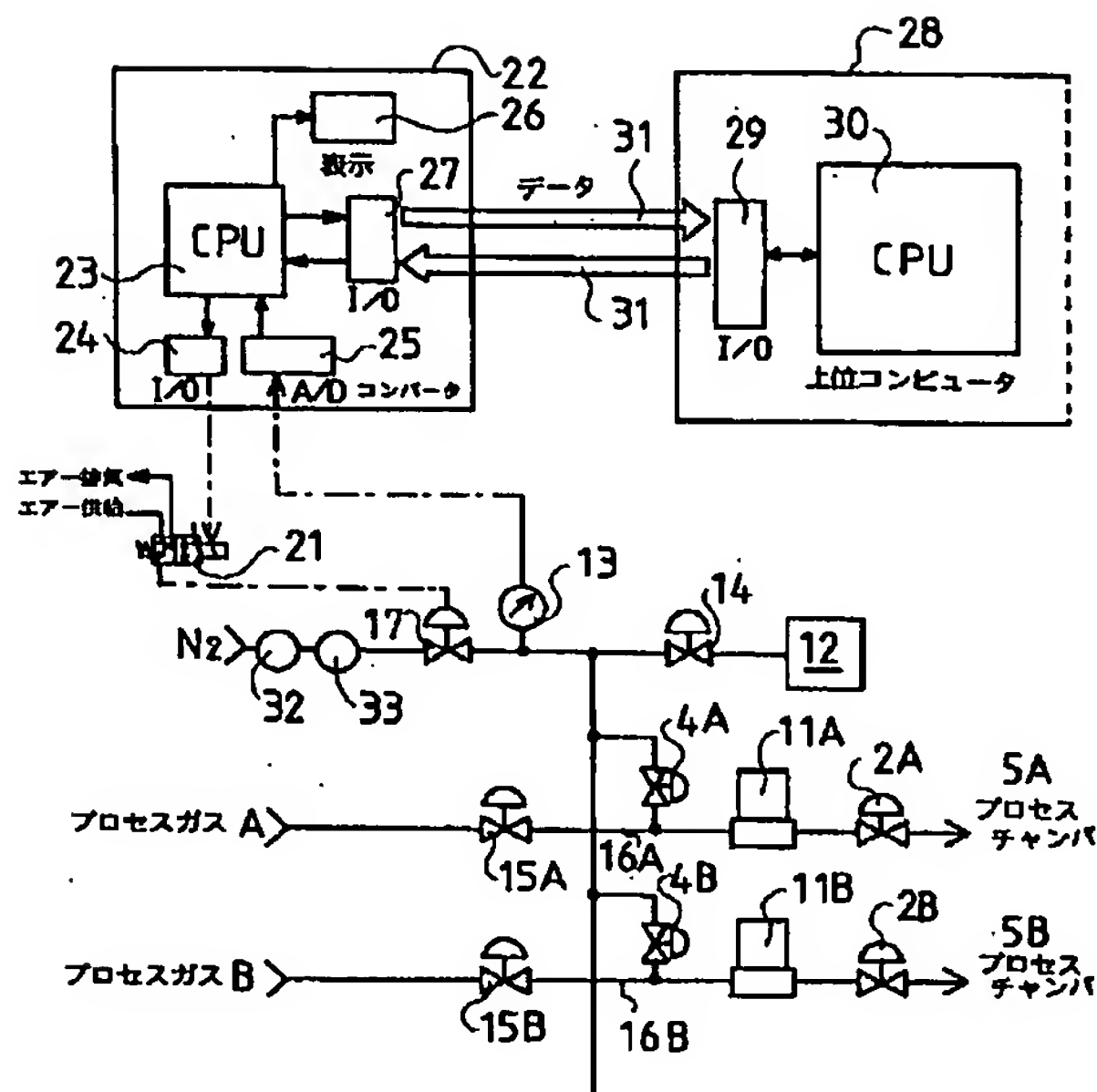
【図1】



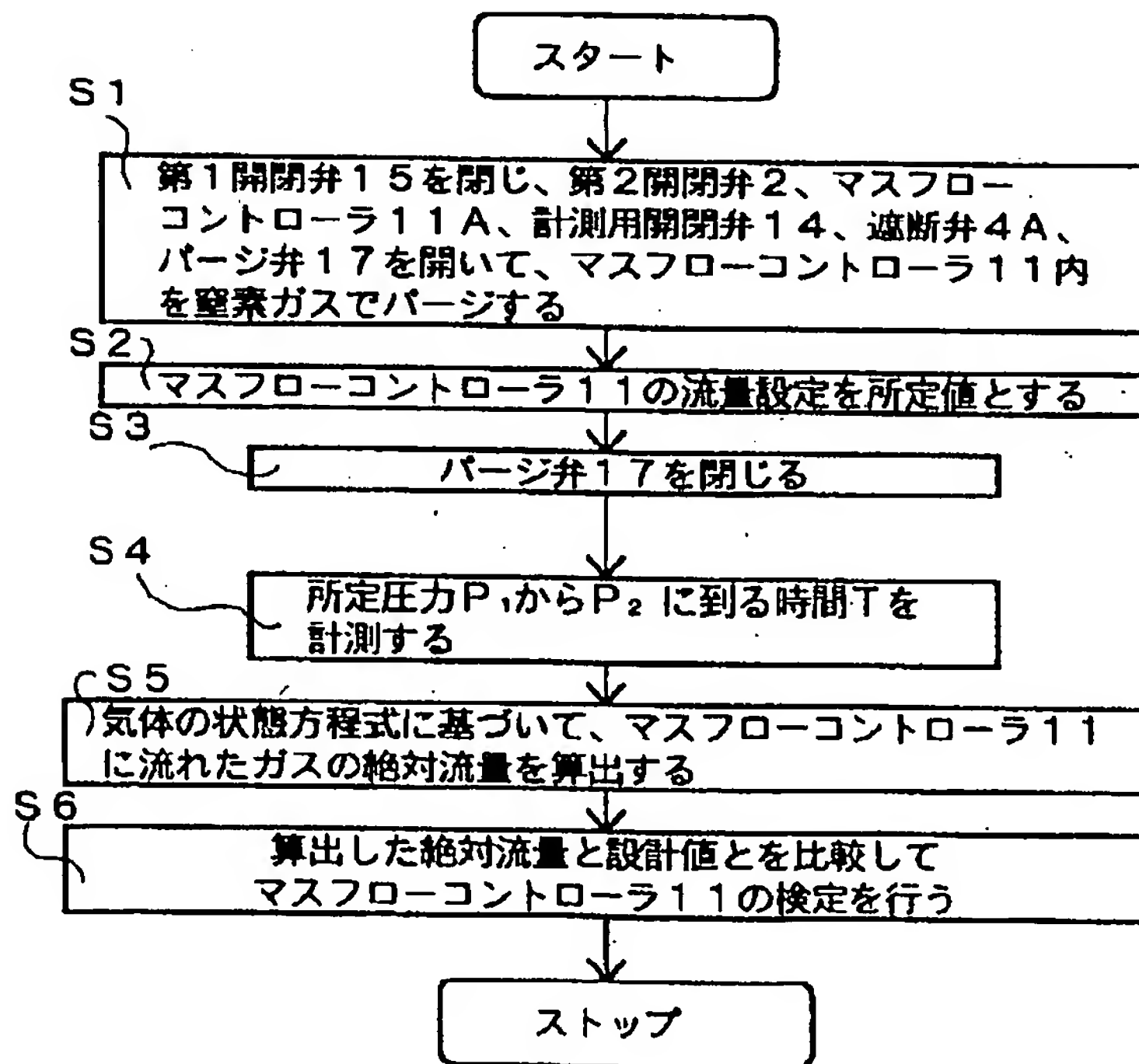
【図2】



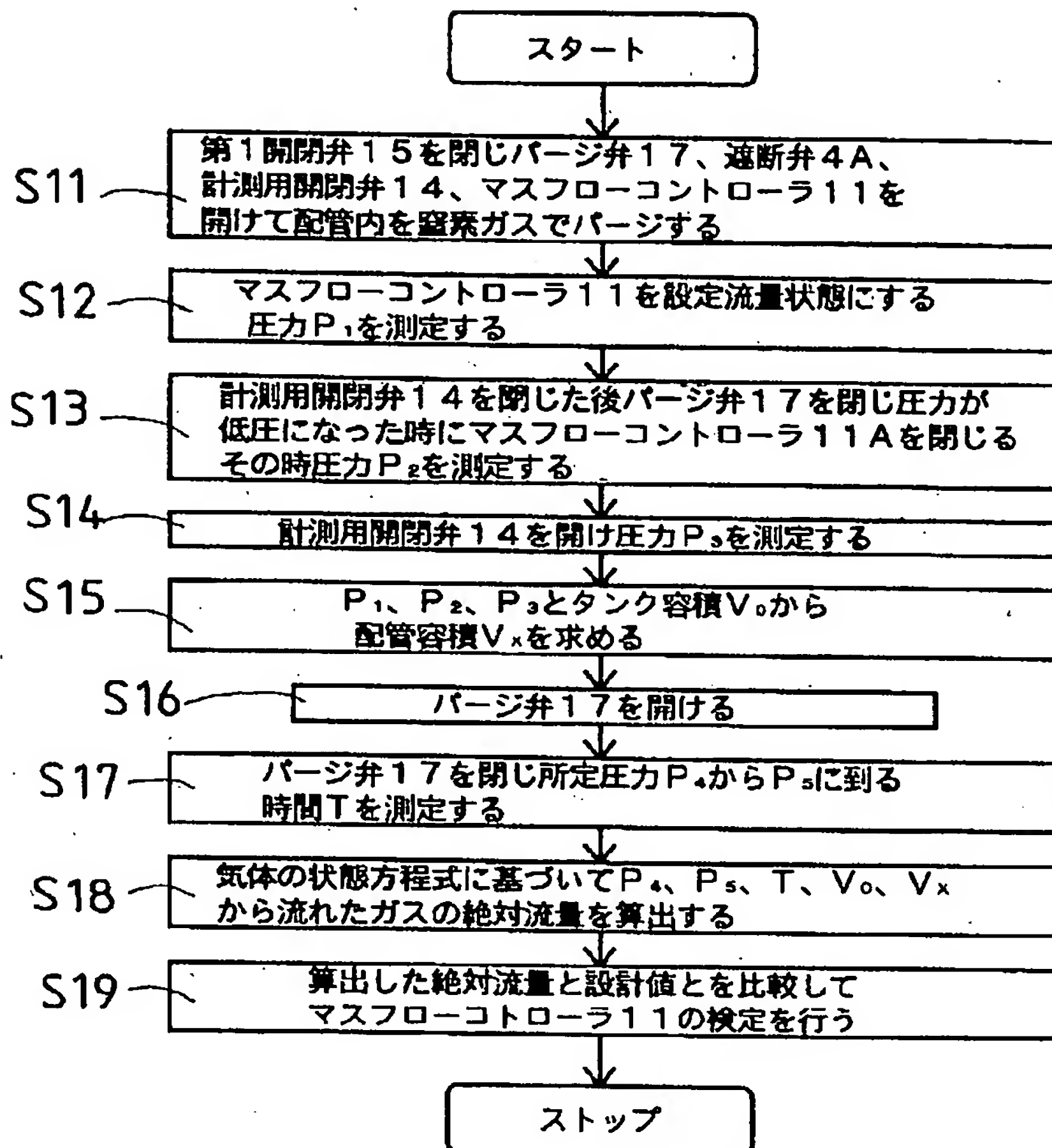
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

